

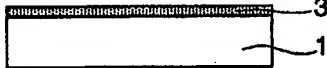
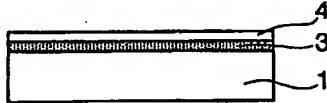


PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
Bureau international



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : H01L 21/28, 29/51		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/43023
			(43) Date de publication internationale: 26 août 1999 (26.08.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00328 (22) Date de dépôt international: 15 février 1999 (15.02.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/01963 18 février 1998 (18.02.98) FR (71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR). COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BENSAHEL, Daniel [FR/FR]; 6, rue Colbert, F-38000 Grenoble (FR). CAMPI- DELLI, Yves [FR/FR]; 30, avenue Alsace Lorraine, F-38000 Grenoble (FR). MARTIN, François [FR/FR]; 8, rue Irvoy, F-38000 Grenoble (FR). HERNANDEZ, Caroline [FR/FR]; 1, rue Bayard, F-38000 Grenoble (FR). (74) Mandataire: BUREAU D.A. CASALONGA-JOSSE; 8, av- enue Percier, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.	
(54) Title: METHOD FOR NITRIDING THE GATE OXIDE LAYER OF A SEMICONDUCTOR DEVICE AND RESULTING DEVICE (54) Titre: PROCEDE DE NITRURATION DE LA COUCHE D'OXYDE DE GRILLE D'UN DISPOSITIF SEMICONDUCTEUR ET DISPOSITIF OBTENU (57) Abstract <p>The invention concerns a method for nitriding the gate oxide layer of a semiconductor device comprising the chemical growth on a silicon substrate (1) of a native silicon oxide layer (2) $\leq 1\text{nm}$ thick; treating said substrate coated with the native silicon oxide layer with gas NO at a temperature $\leq 700^\circ\text{C}$ and a pressure level $\leq 10^4\text{ Pa}$ to obtain a nitrided native silicon oxide layer (3); and the growth of the gate oxide layer (4). The invention is applicable to PMOS devices.</p> (57) Abrégé <p>Procédé de nitruration de la couche d'oxyde de grille d'un dispositif semiconducteur. Le procédé selon l'invention comprend la croissance chimique sur un substrat de silicium (1) d'une couche d'oxyde de silicium natif (2) d'épaisseur $\leq 1\text{nm}$, ce traitement du substrat revêtu de la couche d'oxyde de silicium natif par NO gazeux à une température $\leq 700^\circ\text{C}$ et une pression $\leq 10^4\text{ Pa}$ pour obtenir une couche d'oxyde de silicium natif nitrurée (3), et la croissance de la couche d'oxyde de grille (4). Application aux dispositifs PMOS.</p>			
		 1	
		 2 1	
		 3 1	
		 4 3 1	

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce		de Macédoine	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Bésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Biélorus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

Procédé de nitruration de la couche d'oxyde de grille d'un dispositif semiconducteur et dispositif obtenu

La présente invention concerne de manière générale un procédé de fabrication de dispositifs semiconducteurs et plus particulièrement un procédé de nitruration de la couche d'oxyde de grille (SiO_2) d'un dispositif semiconducteur, par exemple un dispositif CMOS.

5 Le procédé de nitruration selon l'invention s'avère particulièrement avantageux pour la fabrication de dispositifs semiconducteurs à couche d'oxyde de grille très fine ($\leq 3\text{nm}$, de préférence $\leq 2,5\text{nm}$).

10 Avec la diminution de l'épaisseur de la couche d'oxyde de grille ($\leq 3\text{nm}$) dans les dispositifs semiconducteurs, tels que par exemple les dispositifs PMOS, la diffusion d'atomes de dopant tel que le bore à travers la couche d'oxyde au cours de traitements thermiques ultérieurs de la grille dopée, peut affecter la performance et la fiabilité des dispositifs obtenus.

15 Différentes solutions ont été envisagées pour remédier à ce problème de diffusion des atomes de dopant à travers la couche d'oxyde de grille.

Une solution à ce problème est la nitruration de la couche d'oxyde de grille.

20 On a aussi proposé de nitrurer la couche d'oxyde de grille avec NH_3 ou N_2O gazeux.

25 Cependant, bien que l'oxynitride formée par NH_3 dans la couche d'oxyde de grille conduise à une barrière acceptable vis-à-vis de la diffusion du dopant (bore), l'incorporation d'atomes d'hydrogène résulte en une présence de charges fixes et en un accroissement du piégeage des

électrons.

L'utilisation de N_2O , au contraire, se traduit par une absence de piégeage. Toutefois, l'obtention d'oxynitrures à partir de N_2O exige des processus thermiques coûteux qui sont essentiels pour obtenir la
5 concentration élevée en azote à l'interface Si/SiO₂.

En outre, le recuit dans N_2O s'avère inefficace pour la nitruration de couches d'oxyde minces (< 3nm).

On a récemment proposé d'utiliser NO gazeux pour la nitruration des couches d'oxyde de grille. Dans tous les cas, on faisait initialement
10 croître une couche d'oxyde de grille (SiO₂) sur le substrat de silicium puis on effectuait la nitruration de la couche d'oxyde de grille au moyen de NO gazeux par un processus thermique rapide (RTP). Ce procédé nécessite des températures relativement élevées (850-900°C) et des pressions de 10⁴ Pa ou plus. D'autre part il ne permet pas de précisément localiser la
15 présence d'azote à l'interface entre le substrat et la couche d'oxyde de grille (interface Si/SiO₂).

La présente invention a donc pour objet de fournir un procédé de nitruration de la couche de grille remédiant aux inconvénients de l'art antérieur.

20 En particulier, l'invention a pour objet un procédé de nitruration de la couche d'oxyde de grille d'un dispositif semiconducteur permettant de limiter la diffusion du dopant (bore) à travers la couche d'oxyde de grille pour des couches d'oxyde de grille très fines ($\leq 2,5$ nm) et qui permette de localiser la présence de l'azote à l'interface entre le substrat et
25 la couche d'oxyde de grille.

On atteint les buts ci-dessus selon l'invention, en fournissant un procédé de nitruration de la couche d'oxyde de grille d'un dispositif semiconducteur comprenant les étapes suivantes :

- 30 - croissance chimique sur un substrat de silicium d'une couche d'oxyde de silicium natif d'une épaisseur au plus égale à 1nm ;
- traitement du substrat revêtu de la couche d'oxyde de silicium natif avec de l'oxyde nitrique gazeux (NO) à une température au plus égale à 700°C et sous une pression au plus égale à 10⁴ Pa pour obtenir une couche d'oxyde de grille comportant des atomes d'azote principalement localisés
35 à l'interface substrat/couche d'oxyde de grille.

La suite de la description se réfère aux figures annexées qui représentent, respectivement :

figures 1a à 1d, une représentation schématique des étapes principales du procédé selon l'invention ;

5 figure 2, un graphe par spectrographie de masse d'ions secondaires (SIMS) du profil de nitruration d'une couche d'oxyde de silicium "natif" de 1nm, nitrurée par le procédé de l'invention et avant croissance de la couche d'oxyde de grille ;

10 figure 3, un graphe par SIMS du profil de nitruration après croissance de l'oxyde de grille ;

figure 4, une microphotographie par microscopie électronique de transmission d'une section d'une couche d'oxyde de grille de 2,2nm d'épaisseur obtenue par le procédé de l'invention, et

15 figure 5, des graphes I(V) en fonction du champ électrique appliqué de différents dispositifs comportant une couche d'oxyde de grille obtenue par le procédé de l'invention et d'un dispositif ayant une couche d'oxyde de grille non nitrurée.

20 En se référant aux figures 1a à 1d, la première étape du procédé selon l'invention consiste à former chimiquement sur la surface d'un substrat en silicium 1, dopé par exemple par implantation d'atomes de bore, une couche d'oxyde de silicium "natif" 2 d'épaisseur au plus égale à 1nm.

Le substrat de silicium peut être en silicium polycristallin ou monocristallin.

25 La formation de la couche d'oxyde de silicium "natif" peut être réalisée de la façon suivante :

Après nettoyage de la surface du substrat de silicium 1 par tout procédé classique, on sature la surface du substrat en liaisons Si-H (et H-Si-H) dans une solution aqueuse diluée de HF (généralement de 1% ou moins). Après rinçage à l'eau désionisée et séchage (éventuellement assisté avec de l'alcool isopropylique), le substrat est exposé dans un réacteur à un flux d'ozone (O_3) gazeux (typiquement à une température $\leq 200^\circ C$ et pendant une durée inférieure à 3 minutes) ou une solution d'eau ozonée (typiquement de l'eau désionisée à température ambiante saturée en ozone).

35

Dans les deux cas, on obtient une épaisseur d'oxyde équivalente inférieure à 1nm.

5 Dans le cas de formation de la couche d'oxyde "natif" par un flux d'ozone gazeux, on peut effectuer l'étape suivante de nitruration dans le même réacteur.

L'étape suivante consiste à nitrurer la couche d'oxyde "natif" 2 pour obtenir une couche nitrurée 3. Selon l'invention, cette nitruration s'effectue en mettant en contact dans un réacteur le substrat 1 revêtu de la couche d'oxyde "natif" 2 avec du NO gazeux à une température inférieure ou égale à 700°C, de préférence inférieure à 600°C et à une pression inférieure ou égale à 10^5 Pa, inférieure ou égale à 10^3 Pa, pendant une durée de quelque secondes à plusieurs minutes, généralement de 10 secondes à 1 ou 2 minutes.

15 Une fois la couche d'oxyde de silicium "natif" nitrurée selon le procédé de l'invention, on fait croître une couche d'oxyde de silicium de grille 4 par tout procédé classique.

A titre d'exemple, on peut faire croître la couche d'oxyde de grille 4 en soumettant le substrat revêtu de la couche d'oxyde "natif" nitrurée 3 à une atmosphère d'oxygène sec, pur ou dilué, à une température de 700-850°C. La durée de cette étape de croissance par oxydation est bien évidemment fonction de l'épaisseur voulue pour la couche d'oxyde de grille.

Exemples

25 On fait croître chimiquement, comme indiqué ci-dessus, sur une plaque de silicium de 200mm une couche d'oxyde de silicium "natif" de 1nm d'épaisseur.

On effectue la nitruration de cette couche d'oxyde en soumettant la plaque revêtue de la couche d'oxyde "natif" à une atmosphère de NO gazeux sur une pression de 10^3 Pa à 550°C pendant trente secondes.

30 Comme le montre la figure 2, il y a une nitruration notable de couche d'oxyde "natif" (les queues des courbes SiO_2 , Si_2N sont des artefacts d'abrasion).

On fait alors croître sur la couche d'oxyde nitrurée une couche d'oxyde de silicium par traitement au four de la plaque de silicium comportant la couche d'oxyde "natif" nitrurée dans une atmosphère

35

d'oxygène sec à 850°C pendant cinq minutes pour obtenir une couche d'oxyde de grille (SiO_2) de 2,2mm d'épaisseur.

La figure 3 montre que l'azote à l'intérieur de la couche d'oxyde est principalement situé près de l'interface Si/SiO_2 .

5 La figure 4 montre que l'interface obtenue entre ce substrat de silicium et la couche d'oxyde de grille SiO_2 est parfaitement plane.

On a réalisé différents dispositifs comportant une couche d'oxyde de grille nitrurée selon l'invention et à titre de comparaison un dispositif comportant une couche d'oxyde de grille non nitrurée :

10 1 - Dispositif 1 :

Nitruration : NO gazeux ; 700°C ; 10^3 Pa ; 30 secondes.

Croissance de la couche d'oxyde après nitruration : O_2 sec ; 850°C ; 5 minutes.

Epaisseur de la couche d'oxyde de grille 2,2 nm.

15 2 - Dispositif 2 :

Nitruration : NO gazeux ; 550°C ; 10^3 Pa ; 30 secondes.

Croissance de la couche d'oxyde de grille : O_2 sec (100%) ; 850°C ; 5 minutes

Epaisseur de la couche d'oxyde de grille : 2,4nm

20 3 - Dispositif 3 :

Nitruration : NO gazeux ; 550°C ; 10^3 Pa ; 30 secondes.

Croissance de la couche d'oxyde de grille : O_2 sec ; 800°C ; 5 minutes.

Epaisseur de la couche d'oxyde de grille : 2,2nm

25 4 - Dispositif 4 :

Nitruration : NO gazeux ; 550°C ; 10^3 Pa ; 5 secondes.

Croissance de la couche d'oxyde de grille : O_2 sec ; 800°C ; 5 minutes.

Epaisseur de la couche d'oxyde de grille : 2,3nm

30 5 - Dispositif A :

Croissance de la couche d'oxyde de grille : O_2 sec ; 800°C ; 5 minutes.

Epaisseur de la couche d'oxyde de grille : 2,5nm.

35 La figure 5 montre que les dispositifs obtenus par le procédé de l'invention ont une conduction tunnel réduite par rapport à un dispositif

ayant une couche d'oxyde de grille classique non nitrurée.

5

10

15

20

25

30

35

REVENDICATIONS

1. Procédé de nitruration de la couche d'oxyde de grille d'un dispositif semiconducteur, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5 - croissance chimique sur un substrat de silicium (1) d'une couche d'oxyde de silicium natif (2) d'une épaisseur au plus égale à 1nm ;
- traitement du substrat revêtu de la couche d'oxyde de silicium natif avec de l'oxyde nitrique gazeux à une température au plus égale à 700°C et sous une pression au plus égale à 10^4 Pa pour obtenir une couche d'oxyde de silicium nitrurée (3), et
- 10 - croissance de la couche d'oxyde de grille pour obtenir une couche d'oxyde de grille (4) comportant des atomes d'azote principalement localisés près de l'interface substrat/couche d'oxyde de grille.

2. Procédé de nitruration selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de traitement avec de l'oxyde nitrique gazeux s'effectue à une température inférieure à 600°C, et sous une pression inférieure à 10^3 Pa.

3. Procédé de nitruration selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la croissance chimique de la couche d'oxyde de silicium natif consiste à mettre en contact le substrat de silicium avec une solution aqueuse d'ozone ou de l'ozone gazeux.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que préalablement à l'étape de croissance chimique de la couche d'oxyde de silicium natif, il comprend une étape de nettoyage du substrat avec une solution aqueuse diluée d'acide fluorhydrique.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de croissance de la couche d'oxyde de grille comprend l'oxydation du substrat revêtu de la couche d'oxyde natif nitrurée par une atmosphère d'oxygène sec, pur ou dilué, à une température de 700 à 850°C.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat est un substrat de silicium monocristallin ou polycristallin.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche d'oxyde de grille a une épaisseur égale ou inférieure à 2,5nm.

5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de traitement avec de l'oxyde nitrique gazeux s'effectue à une température de 550°C et sous une pression de 10^3 Pa pendant une durée de 5 à 30 secondes.

10

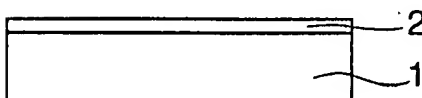
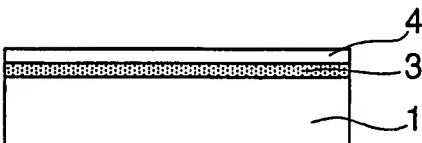
15

20

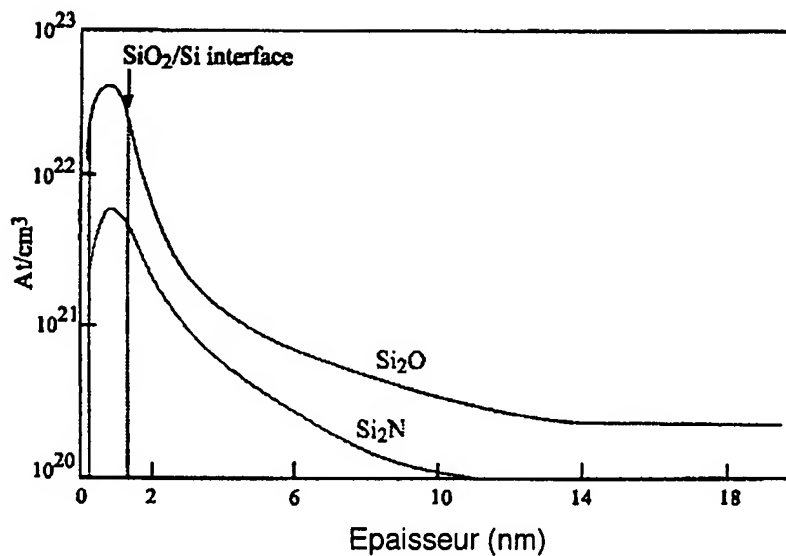
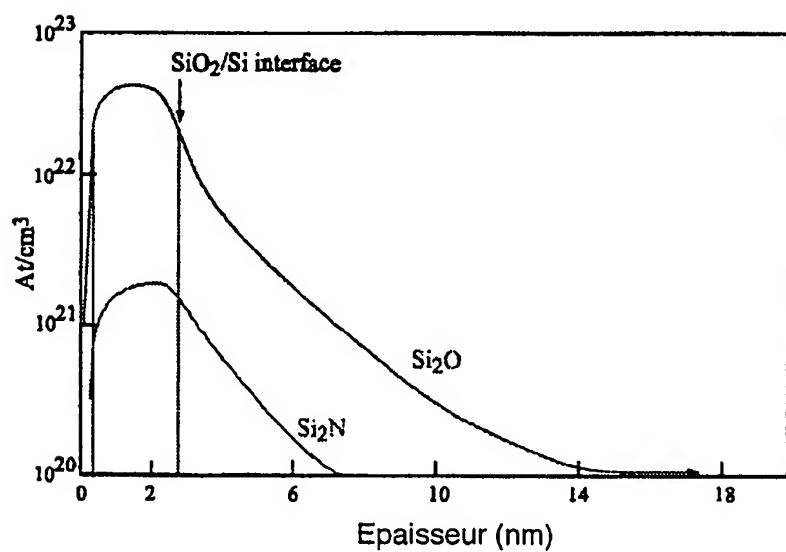
25

30

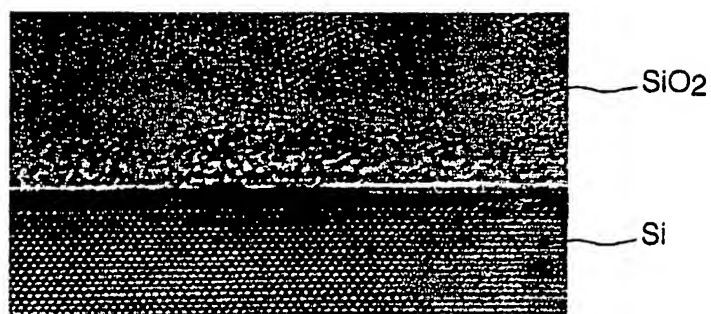
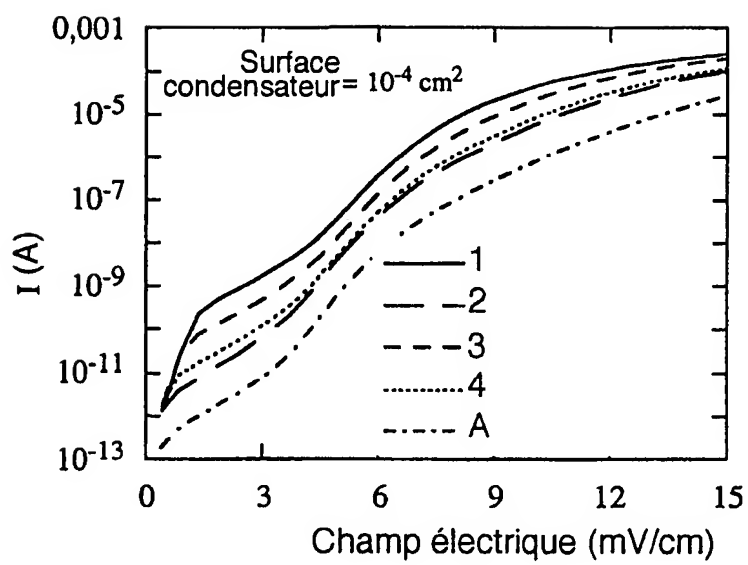
35

FIG.1aFIG.1bFIG.1cFIG.1d

2/3

FIG.2FIG.3

3/3

FIG.4FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Jonal Application No

PCT/FR 99/00328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01L21/28 H01L29/51

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SAGNES I ET AL: "Study of nitrogen incorporation in gate oxides using the resistance to oxidation method"</p> <p>RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING V. PROCESSING, RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING V. SYMPOSIUM, SAN FRANCISCO, CA, USA, 8-12 APRIL 1996, pages 251-256, XP002088466</p> <p>1996, Pittsburgh, PA, USA, Mater. Res. Soc, USA</p> <p>see page 253 - page 256</p> <p style="text-align: center;">---</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1,5,6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 1999

Date of mailing of the international search report

20/05/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gélébart, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/00328

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KUMAR K ET AL: "OPTIMIZATION OF SUB 3 NM GATE DIELECTRICS GROWN BY RAPID THERMAL OXIDATION IN A NITRIC OXIDE AMBIENT" APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 70, no. 3, 20 January 1997, pages 384-386, XP002037772 see page 384; figure 1 ----	1,5-7
A	GUSEV E P ET AL: "The composition of ultrathin silicon oxynitrides thermally grown in nitric oxide" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 15 JULY 1997, AIP, USA, vol. 82, no. 2, pages 896-898, XP002088467 ISSN 0021-8979 see page 896, right-hand column - page 897, right-hand column; figure 2 ----	1,6
A	SAGNES I ET AL: "Controlled thin oxidation and nitridation in a single wafer cluster tool" RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING IV. SYMPOSIUM, RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING IV. SYMPOSIUM, SAN FRANCISCO, CA, USA, 17-20 APRIL 1995, pages 253-258, XP002088468 1995, Pittsburgh, PA, USA, Mater. Res. Soc, USA see page 253 - page 258 -----	1,3,4,6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De: le Internationale No

PCT/FR 99/00328

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 6 H01L21/28 H01L29/51		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 6 H01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>SAGNES I ET AL: "Study of nitrogen incorporation in gate oxides using the resistance to oxidation method"</p> <p>RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING V. PROCESSING, RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING V. SYMPOSIUM, SAN FRANCISCO, CA, USA, 8-12 APRIL 1996, pages 251-256, XP002088466</p> <p>1996, Pittsburgh, PA, USA, Mater. Res. Soc, USA</p> <p>voir page 253 - page 256</p> <p style="text-align: center;">---</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1,5,6
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 12 mai 1999		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 20/05/1999
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Gélébart, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De Je Internationale No

PCT/FR 99/00328

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	KUMAR K ET AL: "OPTIMIZATION OF SUB 3 NM GATE DIELECTRICS GROWN BY RAPID THERMAL OXIDATION IN A NITRIC OXIDE AMBIENT" APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 70, no. 3, 20 janvier 1997, pages 384-386, XP002037772 voir page 384; figure 1 ---	1,5-7
A	GUSEV E P ET AL: "The composition of ultrathin silicon oxynitrides thermally grown in nitric oxide" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 15 JULY 1997, AIP, USA, vol. 82, no. 2, pages 896-898, XP002088467 ISSN 0021-8979 voir page 896, colonne de droite - page 897, colonne de droite; figure 2 ---	1,6
A	SAGNES I ET AL: "Controlled thin oxidation and nitridation in a single wafer cluster tool" RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING IV. SYMPOSIUM, RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING IV. SYMPOSIUM, SAN FRANCISCO, CA, USA, 17-20 APRIL 1995, pages 253-258, XP002088468 1995, Pittsburgh, PA, USA, Mater. Res. Soc, USA voir page 253 - page 258 -----	1,3,4,6